

PERBANDINGAN LUARAN MODEL GLOBAL ATMOSFER CCAM DAN GFS DI WILAYAH INDONESIA DAN SEKITARNYA

Donaldi Sukma Permana

Pusat Penelitian dan Pengembangan
Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)
Jln. Angkasa 1 No. 2 Kemayoran, Jakarta
e-mail: donaldi@bmg.go.id

ABSTRACT

The aim of this research was to compare Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM) and Global Forecast System (GFS) prediction against GFS initial condition as control up to 7 days in the future over Indonesia and northern subtropical regions of Indonesia in September – October – November (SON) 2008. Comparison was conducted in spatially to observe the similarity pattern by calculating spatial correlation value for some basic parameters in several pressure vertical levels. The result described that output of both models showed general similarity pattern in SON 2008 over Indonesia and northern subtropical regions of Indonesia, obtained spatial correlation values indicated GFS prediction was slightly better compared by CCAM prediction. For some parameters, CCAM output showed a particular problem in low-pressure vertical level (250mb). There was probably a problem with the vertical interpolation of the GFS initial data onto the CCAM conformal-cubic grid.

Keywords: CCAM; GFS; Conformal Cubic Atmospheric Model; Global Forecast System

PENDAHULUAN

Perkembangan model global atmosfer di dunia semakin pesat seiring dengan berkembangnya teknologi superkomputer terutama dalam hal mendukung kecepatan komputasi model tersebut.¹ Salah satu model global yang digunakan oleh banyak negara adalah GFS yang dihasilkan oleh *National Center for Environmental Prediction* (NCEP) - *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), USA. GFS adalah model spektral untuk prediksi cuaca global yang dijalankan oleh NCEP.² Dalam beberapa tahun terakhir, kemampuan prediksi global GFS meningkat secara signifikan, meskipun kualitasnya di daerah tropis agak kurang baik akibat jarangya pengamatan. Dalam penelitian sebelumnya telah diungkapkan bahwa adanya peningkatan performa GFS, terutama di wilayah Pasifik, meskipun di daerah tersebut jarang dilakukan pengamatan.³ Dalam kajian ini, data GFS dianggap cukup baik untuk digunakan sebagai syarat awal model prediksi.

CCAM merupakan salah satu model atmosfer global yang dikembangkan oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO), Australia. CCAM merupakan model global beresolusi variabel berbasis *conformal cubic grid* dan menggunakan transformasi Schmidt untuk prakiraan regional (*downscaling*).⁴ Kerja sama internasional antara BMKG dan CSIRO dimulai pada tahun 2007. Kerja sama tersebut menghasilkan bahwa BMKG mendapat lisensi penggunaan CCAM untuk bahan penelitian dan keperluan operasional internal BMKG yang tentunya harus melalui tahap verifikasi terlebih dahulu.

Upaya penerapan CCAM sebagai model regional untuk daerah tropis seperti Indonesia merupakan suatu hal yang baru dan menarik untuk dilakukan dan diuji. Akan tetapi, sebelum dilakukan pada tingkat regional perlu melihat performa CCAM di wilayah Indonesia sebagai model global.

Tujuan dari kajian ini adalah membandingkan luaran prediksi model global CCAM dengan prediksi model global GFS resolusi $1^\circ \times 1^\circ$ ($1^\circ \approx 111 \text{ km}$) sampai dengan tujuh hari ke depan untuk musim SON 2008 di wilayah Indonesia (tropis). Pembahasan pada musim SON 2008 lebih dikarenakan keterbatasan data dan musim tersebut merupakan masa transisi dari pengaruh monsun Australia ke pengaruh monsun Asia untuk wilayah Indonesia. Perbandingan juga dilakukan antara daerah tropis sekitar wilayah Indonesia dengan daerah subtropis bagian utara Indonesia.

Dalam kajian ini digunakan CCAM v.709 yang berbasis *conformal cubic grid* yang setiap panel memiliki 96×96 titik grid (format C96) dan 18 sigma level vertikal sehingga jumlah grid = $96 \times 96 \times 6 \times 18 = 995.328$ grid seperti yang ditampilkan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Tabel 1. Dengan menggunakan sistem *conformal cubic grid*, CCAM dapat digunakan sebagai model prediksi global sekaligus model prediksi regional. Hal ini merupakan kelebihan CCAM dibandingkan model global lain pada umumnya.

CCAM diperkirakan dapat memberikan prospek dalam menyediakan kondisi awal dan batas (*initial and boundary condition*) bagi model regional. Kecepatan waktu *running* model dan kecilnya sumber daya komputer dan media penyimpanan luaran CCAM dapat menjadi salah satu hal yang perlu dipertimbangkan.

Kondisi atmosfer tropis yang lebih dinamis dibandingkan dengan atmosfer subtropis yang

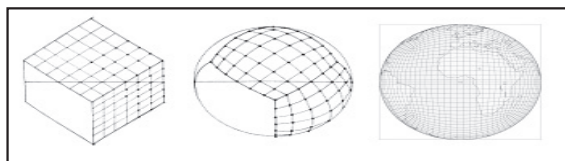
relatif stabil menyebabkan model global diperkirakan akan mengalami penurunan performa untuk prediksi kondisi atmosfer tropis. Selain itu, performa model diperkirakan akan berkurang seiring dengan bertambah panjangnya waktu prediksi karena akumulasi kesalahan yang terjadi dalam proses prediksi.

METODE PENELITIAN

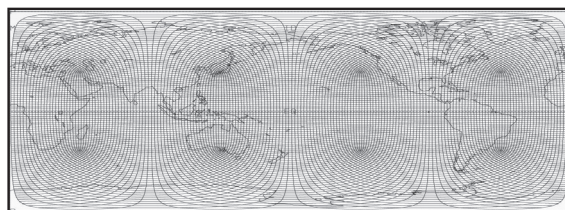
Sebagai model global, CCAM membutuhkan nilai awal untuk melakukan prediksi. Data nilai awal yang digunakan pada kajian ini adalah data nilai awal GFS yang dikeluarkan setiap enam jam sekali, dalam hal ini digunakan data dengan resolusi $1^\circ \times 1^\circ$ dan 24 level vertikal. Model GFS dijalankan empat kali dalam sehari oleh NCEP, yaitu untuk waktu inisial 00, 06, 12, dan 18 *Universal Time Coordinate* (UTC), guna memprediksi keadaan cuaca seluruh dunia sampai dengan sekitar dua minggu ke depan. Saat menghasilkan data nilai awal, NCEP juga mengeluarkan hasil prediksi global sampai tujuh hari ke depan. Data nilai awal dan data prediksi model GFS sampai dengan tujuh hari ke depan

Tabel 1. Tabel Daftar Sigma Level dan Ketinggian Rata-rata yang Bersesuaian yang Digunakan CCAM ⁴

No	Sigma level	Ketinggian rata-rata (m)
1	1.000	0
2	0.996	40
3	0.978	190
4	0.946	470
5	0.900	880
6	0.843	1.400
7	0.776	2.100
8	0.702	2.900
9	0.623	3.800
10	0.542	4.900
11	0.459	6.200
12	0.377	7.600
13	0.298	9.200
14	0.224	11.000
15	0.157	13.000
16	0.100	16.000
17	0.054	20.000
18	0.022	26.000
19	0.005	35.000



Gambar 1. *Conformal Cubic Grid* Pada Ccam⁴



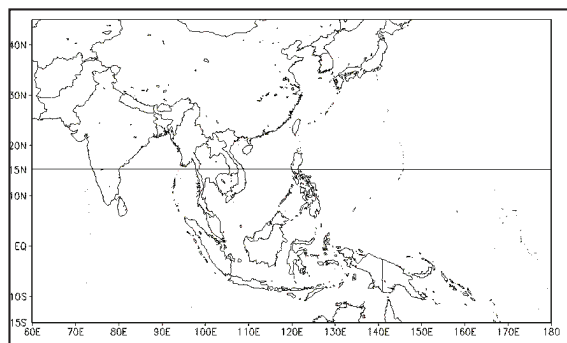
Gambar 2. Uniform C96 Grid Pada Ccam (Jarak Rata-Rata Antar Grid Adalah 104 Km)⁴

dapat di-download dari FTP server NCEP di <ftp://tgftp.nws.noaa.gov/SL.us008001/ST.opnl/>. Data nilai awal GFS diolah dari hasil asimilasi data pengamatan global sehingga dapat dianggap sebagai data observasi global dan dijadikan sebagai kontrol dalam proses perbandingan.

Dalam kajian ini, CCAM menggunakan konfigurasi *microphysics* Rostatyn, *longwave radiation* dan *shortwave radiation physics* menggunakan GFDL (Fels-Schwarzkopf), skema PBL (*planetary boundary layer*) menggunakan Monin-Obukhov dan skema kumululus Convjlm⁵.

Dalam pengolahan data, CCAM di-*running* untuk 24 sampel data nilai awal GFS yang valid dan dipilih dalam periode SON 2008 (untuk tiap bulan dipilih delapan data nilai awal) yang dibatasi hanya pada data yang dikeluarkan pukul 00.00 UTC. CCAM di-*running* di Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG dengan menggunakan PC Cluster 6 prosesor dengan sistem operasi CentOS Rocks Cluster 4.2.1 (Cydonia) menggunakan MPICH2 dengan mode *distributed memory*, spesifikasi tiap prosesor Intel Pentium 4 3.0 GHz, total memori 3.94 GB. Waktu *running* model untuk tiap sampel data nilai awal menghabiskan kurang lebih 60 menit untuk memprediksi kondisi cuaca global sampai tujuh hari ke depan.

Dalam kajian ini dibuat dua domain yang masing-masing mewakili wilayah tropis dan subtropis bagian utara untuk perbandingan. Untuk wilayah tropis yang di dalamnya terdapat Indonesia dibatasi oleh 15LS–15LU dan 60BT–180BT sedangkan wilayah subtropis bagian utara



Gambar 3. Pembagian Domain Tropis (A) dan Subtropis Utara (B)

dibatasi oleh 15LU–45LU dan 60BT–180BT. Secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3.

Perbandingan antara prediksi luaran model CCAM dan luaran GFS dilakukan untuk kedua domain (A dan B) untuk tiap data nilai awal sampai dengan tujuh hari ke depan, tiap hasil prediksi kemudian akan dibandingkan dengan data nilai awal GFS pada waktu yang bersesuaian. Perbandingan dilakukan secara spasial, baik secara kualitatif dengan melihat kemiripan pola visual maupun secara kuantitatif dengan menghitung nilai korelasi spasial, untuk tiap domain. Untuk sistem visualisasi, digunakan software *Grid Analysis and Display System* (GrADS) versi 1.8SL11 dan untuk menghitung nilai korelasi spasial digunakan sintaks GrADS berikut⁶:

`display scorr(expr1, expr2, lon=x1, lon=x2, lat=y1, lat=y2)`

di mana:

- expr1 - ekspresi GrADS, mewakili parameter 1
- expr2 - ekspresi GrADS, mewakili parameter 2
- x1 - nilai batas awal bujur (0–360)
- x2 - nilai batas akhir bujur (0–360)
- y1 - nilai batas awal lintang (-90–90)
- y2 - nilai batas akhir lintang (-90–90)

Parameter atmosfer yang dibandingkan adalah parameter dasar seperti *mean sea level pressure* (MSLP), suhu permukaan, angin, kelembapan relatif, dan ketinggian geopotensial di beberapa level ketinggian tekanan. Pada Gambar 4 diberikan diagram alur proses perbandingan kedua model.

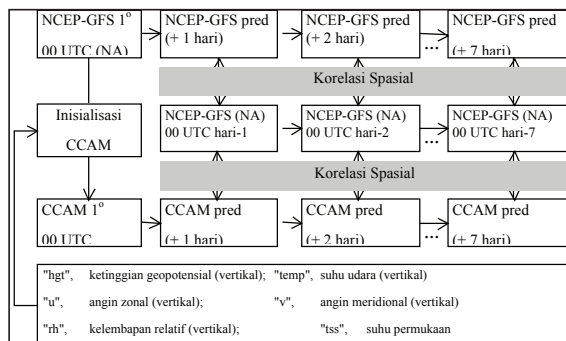
Untuk menampilkan perbandingan performa CCAM dan GFS pada kasus SON 2008 dilakukan dengan menghitung nilai korelasi spasial dari tiap sampel dan tiap domain sampai dengan tujuh hari ke depan. Selanjutnya menghitung rata-rata nilai korelasi spasial yang diperoleh untuk semua sampel berdasarkan panjang waktu prediksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu hasil perbandingan kualitatif ditunjukkan pada Gambar 5 untuk parameter suhu permukaan (ketinggian 2 m). Dari Gambar 5 terlihat bahwa secara umum luaran prediksi

kedua model menunjukkan kemiripan pola yang hampir sama walaupun luaran GFS terlihat lebih konsisten dibandingkan CCAM.

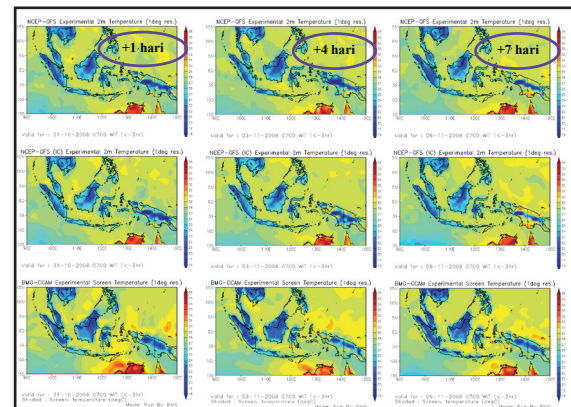
Perbandingan nilai pada batas-batas tertentu dilakukan untuk membandingkan kedua hasil model secara kuantitatif. Pada Gambar 6 ditampilkan perbandingan parameter kelembapan relatif pada beberapa ketinggian level tekanan untuk nilai batas tertentu dalam domain A, yakni pada batas wilayah 90BT–150BT dan 15LS–15LU. Diperoleh bahwa pada level ketinggian tekanan 250 mb, nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk model CCAM cukup signifikan



Gambar 4. Diagram Alur Perbandingan CCAM dan GFS untuk Sebuah Data Nilai Awal (Na) GFS

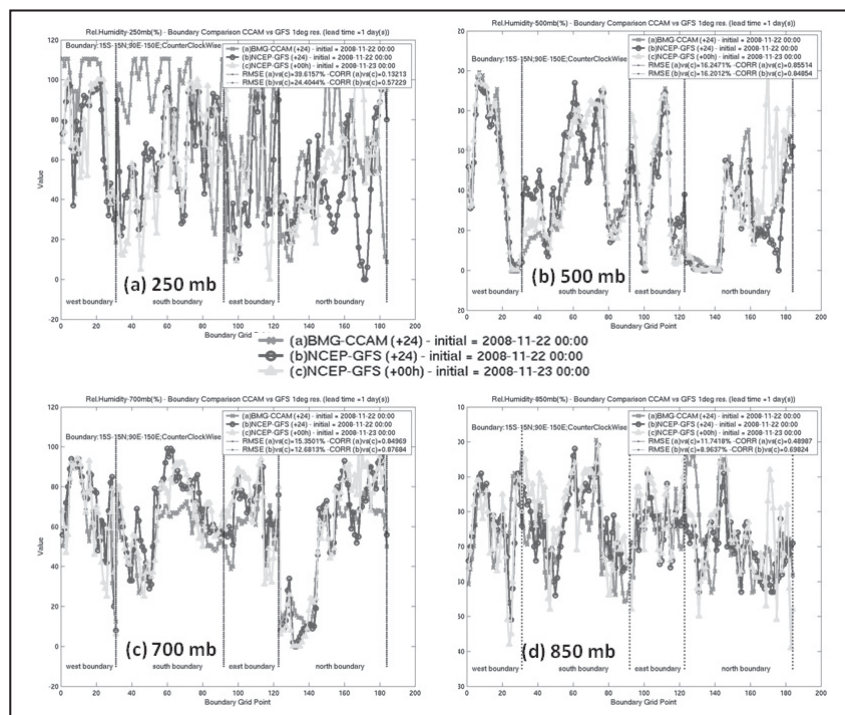
sekitar 40% dengan nilai korelasi yang rendah sekitar 0,13.

Indikasi adanya anomali pada level ketinggian tekanan 250 mb memerlukan analisis lebih lanjut dengan melakukan perbandingan pola secara spasial. Pada Gambar 7 ditampilkan grafik nilai rata-rata spasial korelasi untuk parameter



Gambar 5. Perbandingan suhu permukaan (ketinggian 2 m) untuk prediksi 1,4 dan 7 hari ke depan dengan data nilai awal yang valid pada 30-10-2008 00 UTC

(Baris 1: GFS pred, Baris 2: GFS NA, Baris 3: CCAM Pred)

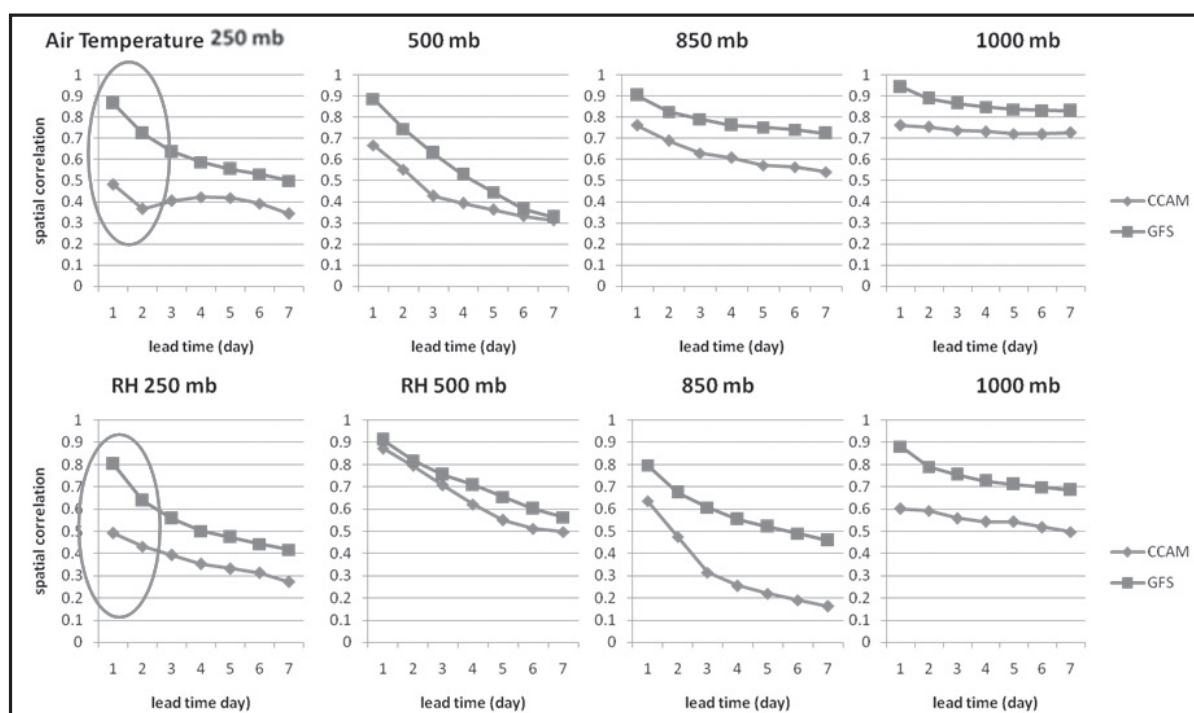


Gambar 6. Perbandingan Kelembapan Relatif untuk Prediksi 24 jam ke Depan dengan Data Nilai Awal yang Valid pada 22-11-2008 00 UTC

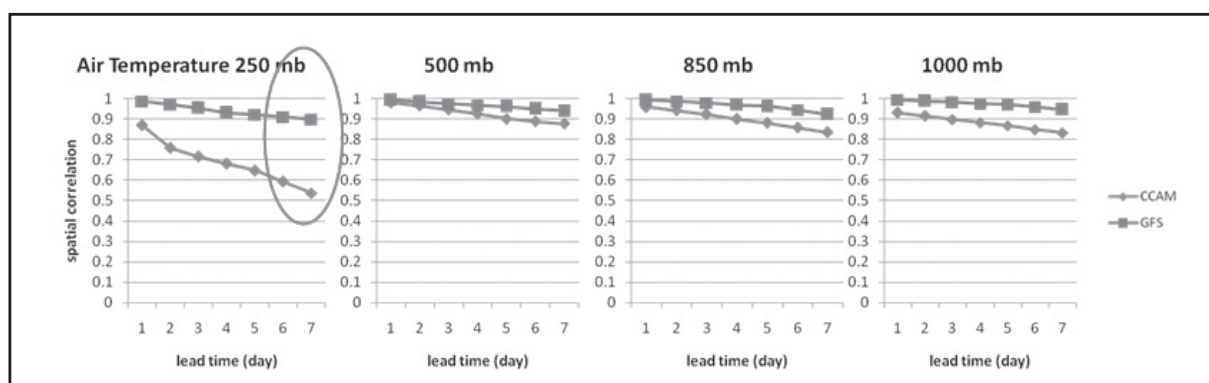
suhu udara dan kelembapan relatif pada beberapa ketinggian level tekanan dalam domain A. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa GFS sedikit lebih baik dibandingkan CCAM. Selain itu, terlihat penurunan nilai rata-rata spasial korelasi seiring dengan bertambah panjangnya waktu prediksi meskipun dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Hal ini dapat diperkirakan karena merupakan akibat dari akumulasi kesalahan prediksi yang terdapat dalam setiap model. Hal yang menarik terlihat pada bagian yang dilingkari, di mana terdapat perbedaan nilai rata-rata spasial korelasi yang cukup signifikan untuk prediksi

hari ke-1 dan ke-2 untuk parameter suhu udara dan kelembapan relatif pada ketinggian level tekanan 250 mb. Beberapa kemungkinan yang dapat menjelaskan anomali ini adalah karena terdapat masalah dalam proses interpolasi data vertikal dari data awal GFS ke CCAM atau jumlah vertikal level CCAM yang lebih sedikit dibanding dengan GFS.

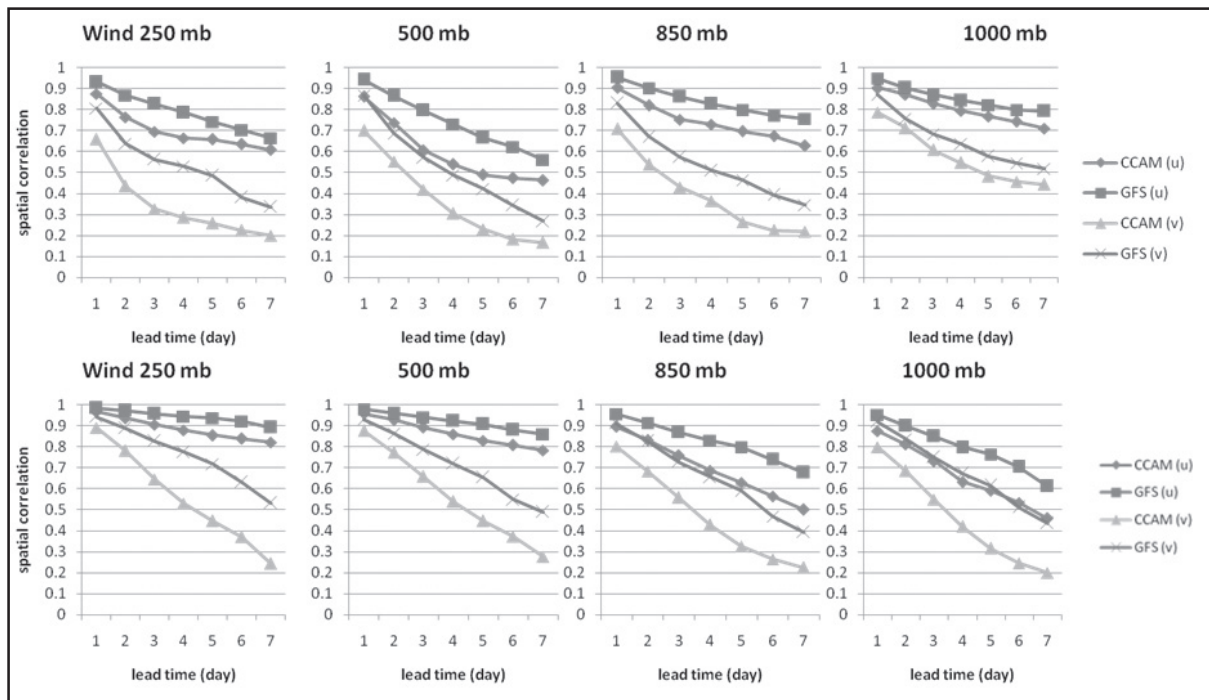
Analisis nilai rata-rata spasial korelasi juga dilakukan untuk domain B (subtropis bagian utara). Gambar 8 menunjukkan hasil untuk domain B, jika dibandingkan dengan Gambar



Gambar 7. Hasil perbandingan nilai rata-rata spasial korelasi parameter suhu udara dan kelembapan relatif untuk prediksi 1–7 hari ke depan pada son 2008 pada domain A



Gambar 8. Hasil perbandingan nilai rata-rata spasial korelasi parameter suhu udara dan angin untuk prediksi 1–7 hari ke depan pada son 2008 pada domain B



Gambar 9. Hasil Perbandingan Nilai Rata-Rata Spasial Korelasi Parameter Angin Zonal (U) Dan Angin Meridional (V) Untuk Prediksi 1-7 Hari Ke Depan Pada Son 2008 Pada Kedua Domain

(Baris 1: domain A, Baris 2: domain B)

7 untuk parameter suhu udara diperoleh bahwa nilai rata-rata spasial korelasi di domain B lebih besar daripada di domain A. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah subtropis memiliki kondisi atmosfer yang lebih mudah diprediksi. Akan tetapi, indikasi adanya anomali pada level ketinggian tekanan 250 mb masih teridentifikasi (bagian yang dilingkari). Selanjutnya, pada Gambar 9 diperoleh bahwa angin zonal u (timur-barat) lebih mudah diprediksi dibandingkan dengan angin meridional v (utara-selatan) di kedua domain. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh monsun sangat sulit diprediksi di kedua domain tersebut, terutama pada musim peralihan seperti SON 2008 saat terjadi peralihan dari pengaruh monsun Australia ke monsun Asia.

KESIMPULAN

Secara umum luaran kedua model di wilayah tropis dan subtropis bagian utara menunjukkan pola yang hampir sama dengan observasi untuk musim SON 2008. Akan tetapi, dengan menghitung nilai korelasi spasial diperoleh hasil prediksi GFS sedikit lebih baik dibandingkan dengan

CCAM untuk tiap parameter yang dibandingkan. Selanjutnya, diketahui bahwa wilayah subtropis lebih mudah diprediksi dibandingkan dengan wilayah tropis. Diperoleh juga bahwa angin zonal (timur-barat) lebih mudah diprediksi dibandingkan dengan angin meridional (utara-selatan) pada kedua domain. Ditemukan indikasi terjadinya anomali pada sekitar ketinggian level tekanan 250 mb karena kemungkinan terdapat masalah dalam proses interpolasi data vertikal dari data nilai awal GFS ke CCAM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Dr. John L. McGregor dan Dr. Marcus Thatcher dari CSIRO, Australia atas konfirmasi hasil kajian ini serta Prof. Dr. Mezak A. Ratag dan Dr. Tri Wahyu Hadi atas saran dan masukan dalam kajian ini. Penulis juga ingin berterima kasih kepada Prof. Dr. Masno Ginting, M.Sc. atas bimbingan dalam penulisan karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Dong-il, Lee. 2006. Computer resources at KMA, *ASEAN-ROK Cooperation Training Workshop*, Seoul 30 Oktober–3 November.
- ²U.S. Department of Commerce - NOAA/NCEP. 2003. NCEP Office Note 442 - The GFS Atmospheric Model Description
- ³Surgi, Naomi., Pan Hua-Lu, dan J. Lord Stephen. 1998. Improvement of the NCEP global model over the tropics: an evaluation of model performance during the 1995 hurricane season, *Mon. Wea. Rev.*, 126: 1287–1305.
- ⁴Thatcher, Marcus. 2008: Training Module Weather and Climate Modelling based on CCAM, *Training Weather and Climate Modelling based on CCAM*, Jakarta 15–25 Januari
- ⁵McGregor, John L. 2006. Regional climate modelling using CCAM, CMAR, *Paper presented at BMRC Workshop*, Bureau of Meteorology Research Centre, Australia 30 November
- ⁶GrADS Documentation Index, <http://www.iges.org/grads/gadoc/gadocindex.html>, diakses tanggal 16 Februari 2009